

УДК 621.383.8 : 621.039.66

Б. А. БАРЫШЕВ, Л. В. ГЯВГЯНЕН, Л. М. ДИАМАНТ,
А. М. ИСКОЛЬДСКИЙ, И. И. КРАСНОГОЛОВЫЙ, Ю. Е. НЕСТЕРИХИН
(Новосибирск)

**НАНОСЕКУНДНЫЙ
ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ФОТОРЕГИСТРАТОР «КАНАЛ»
С УСИЛЕНИЕМ ЯРКОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

Настоящая работа — продолжение ранее выполненных в ИАЭ СО АН СССР работ по созданию устройств параллельного восприятия и обработки оптических сигналов, связанных с исследованием быстропротекающих процессов в наносекундной и субнаносекундной области времени. Опыт эксплуатации фоторегистратора на базе однокаскадного электронно-оптического преобразователя (ЭОП) с сеточным затвором типа ЗИС-1 [1] показал, что основным фактором, ухудшающим качество изображения и уменьшающим динамический диапазон прибора при малой длительности экспозиции ($\tau_s \leq 10^{-8}$ с) является отбор большого тока с входного фотокатода. Подобное явление отмечается и другими авторами [2]. Влияние токовой загрузки фотокатода можно снизить применяя многокаскадные ЭОП — усилители яркости изображения. Такие приборы позволяют, в принципе, регистрировать отдельные

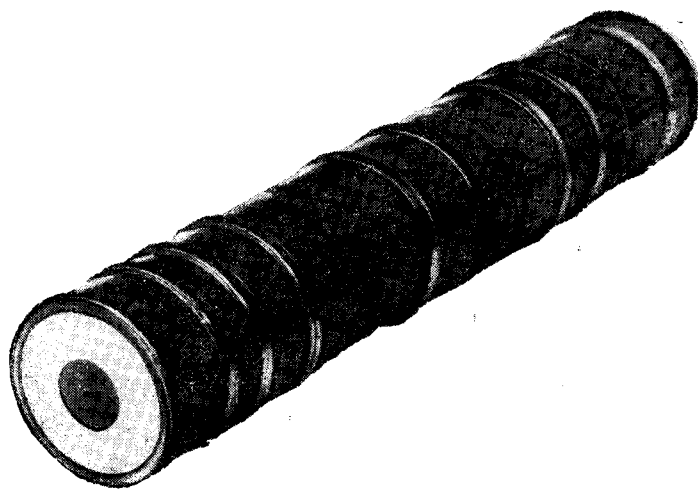


Рис. 1.

фотоэлектроны с входного катода (идеальный регистратор), приближая квантовую эффективность регистрирующей системы к квантовой эффективности фотокатода. Анализ показывает, что достижение такого режима возможно с помощью трехкаскадного ЭОП, на выходе которого установлена стекловолоконная шайба*.

Разработанный нами многокаскадный ЭОП (рис. 1) имеет электростатическую входную камеру, аналогичную по конструкции прибору ЗИС-1, и два каскада усиления по яркости с магнитной фокусировкой. Входной каскад, как и ранее, имеет управляющий электрод в виде мелкоструктурной сетки, расположенной у фотокатода, и одну пару отклоняющих пластин.

В настоящее время прибор имеет мультищелочной фотокатод на входе. Коэффициент усиления прибора $K = 10^3 \div 10^4$. Применение усилительных каскадов позволяет довести длительность экспозиции одного кадра до $\tau_e = 3$ нс и скорость развертки в хронографическом режиме до $V = 5 \cdot 10^8$ см/с при условии, что интенсивность светового потока на входе достаточна для регистрации изображения с экрана ЭОП на пленку типа РФ-3 с помощью светосильной фотоприставки ($D/F = 1/1,3$; $M = 1:1$). Окончанием работы над прибором, по нашему мнению, явилась бы установка на выходе его стекловолоконной шайбы, что обеспечит регистрацию одиночных электронов на имеющихся фотоматериалах.

Получение длительности экспозиции одиночного кадра $\tau_e \leq 1$ нс в ЭОП с сеточным затвором кажется весьма сложным по причинам, к которым можно отнести необходимость формирования прямоугольных

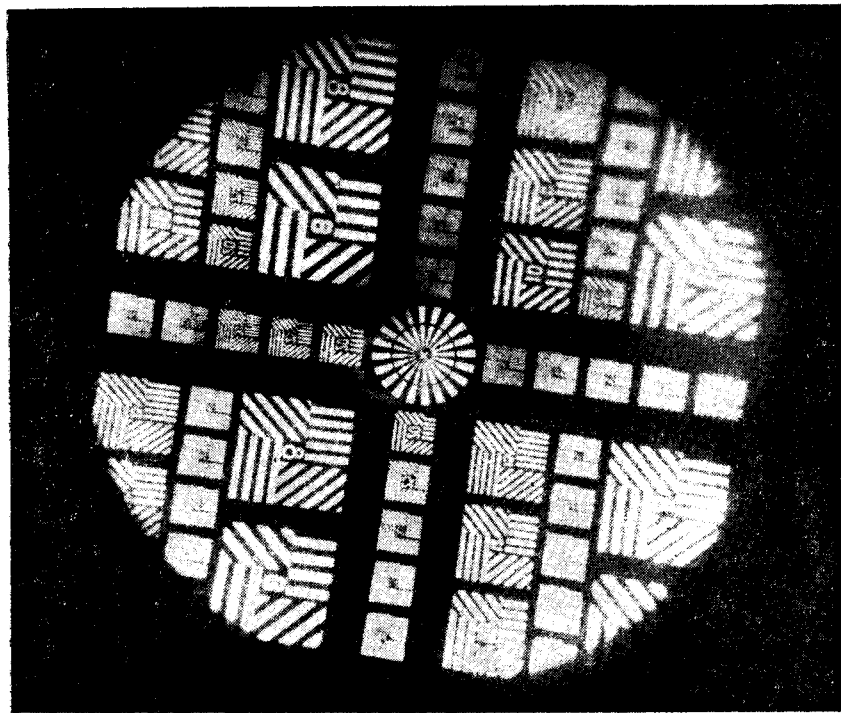


Рис. 2.

* Авторы [3] экспериментируют с ЭОП, имеющим два каскада и волоконную шайбу на выходе.

затворных импульсов малой длительности на входной емкости прибора. индуктивности вводов затвора и отклоняющих пластин и т. д. При этом традиционные методы формирования управляющих напряжений (сильноточные лампы и транзисторы в схемах с сосредоточенными параметрами) оказываются неэффективными, а применение кабельных генераторов с разрядниками — нерациональным.

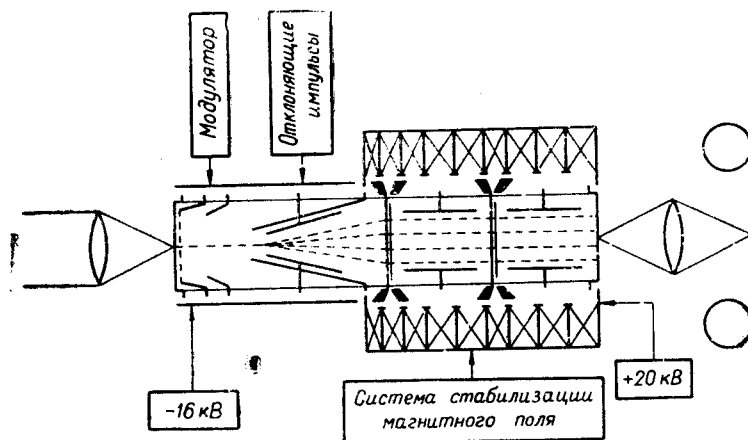


Рис. 3.

Опыт эксплуатации электронно-оптических систем с коммутацией изображения в кадровом режиме [4] показал, что наиболее эффективным является режим съемки, когда интервал между кадрами T_k составляет $T_k \geq 5\tau_p$. В связи с этим в данной конструкции снижаются требования к широкополосности отклоняющей системы и может быть использована конденсаторная система отклонения с резонансной частотой 300—350 МГц и чувствительностью $A \approx 30$ В/мм (напряжение развертки ± 700 В). Что касается хронографического режима, то при времени сканирования порядка 10^{-8} с отклоняющая система позволяет осуществить развертку с достаточной степенью линейности, а радиотехнические средства для реализации подобных разверток широко известны [5].

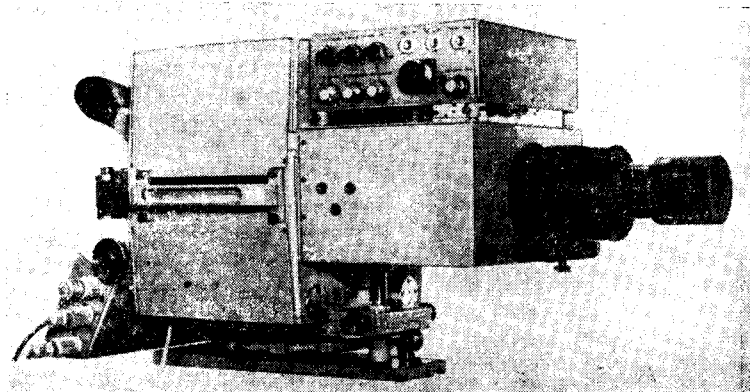


Рис. 4.

При разработке ЭОП и фокусирующей системы особое внимание было уделено минимизации дисторсий при сохранении оптимальной фокусировки и достижению возможно более равномерной разрешающей способности по полю в усилительных каскадах. На рис. 2 показана фотография тест-таблица с экрана двухкаскадного макета усилителя яркости с магнитной фокусировкой. Полное устранение анизотропной дисторсии и уменьшение подушкообразной дисторсии до величины $D \approx 4 \div 5\%$ на краю поля изображения диаметром 55 мм достигается благодаря применению трехэлектродной оптики в каскадах с магнитной фокусировкой и выбором соответствующей топологии магнитного поля, формируемого системой бронированных катушек со щелями, что обеспечивает также малый «вывал» поля в область отклоняющих пластин. Фокусирующие магнитные линзы и электронная оптика усилительных каскадов были рассчитаны с помощью ЭВМ*. В отличие от предыдущих конструкций магнитных систем [6] здесь для формирования магнитного поля нужной конфигурации были использованы полюсные наконечники, расположенные в области фотокатодов усилительных камер. Блок-схема включения электронно-оптического преобразователя с указанием положения фокусирующих катушек и полюсных наконечников представлена на рис. 3.

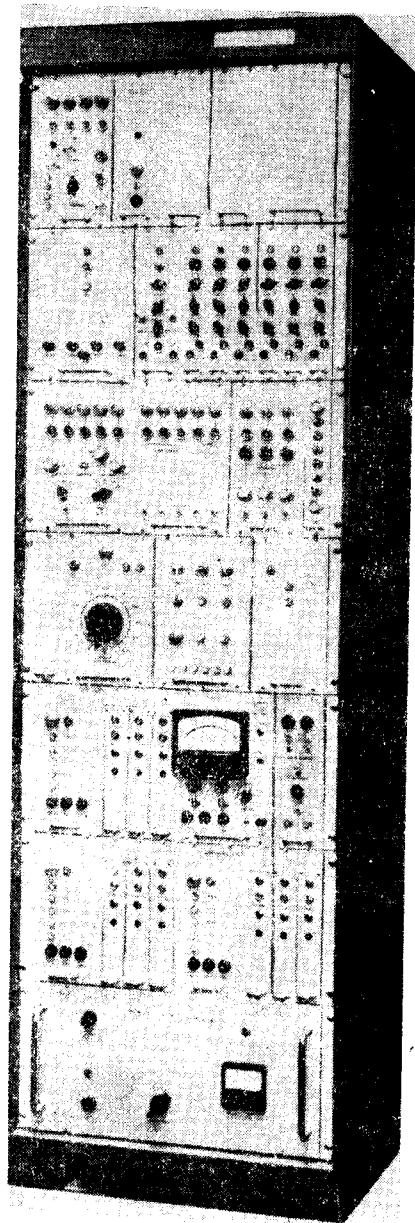


Рис. 5.

Регистрирующая система, разработанная на основе нового ЭОП, имеет следующие параметры:

I. Кадровый режим: число кадров на экране ЭОП 4; размер кадра 10×12 мм; длительность экспозиции $\tau_s = 10; 20; 50; 100; 200$ нс; интервал между кадрами $(5, 10, 15, 20) \times \tau_s$; разрешающая способность в центре N при $\tau_s = 10^{-8}$ с 15 п. л/мм; мертвое время прибора меньше 10 нс;

II. Хронографический режим: время регистрации 10, 20, 50, 100, 200 нс; максимальная скорость развертки $5 \cdot 10^8$ см/с; высота щели на фотокатодe 12 мм; мертвое время меньше 10 нс.

Конструкция фоторегистратора обеспечивает работу прибора в при-

* Расчет выполнен под руководством Ю. А. Шагино.

Конструкция фоторегистратора обеспечивает работу прибора в присутствии мощных импульсных помех. Особое внимание уделено экранировке электронно-оптического преобразователя. В частности, входная камера ЭОП защищена двухслойным медно-стальным экраном. На рис. 4 приведена фотография внешнего вида контейнера ЭОП с фокусирующими катушками, входной оптикой и фотокамерой, а на рис. 5 пред-

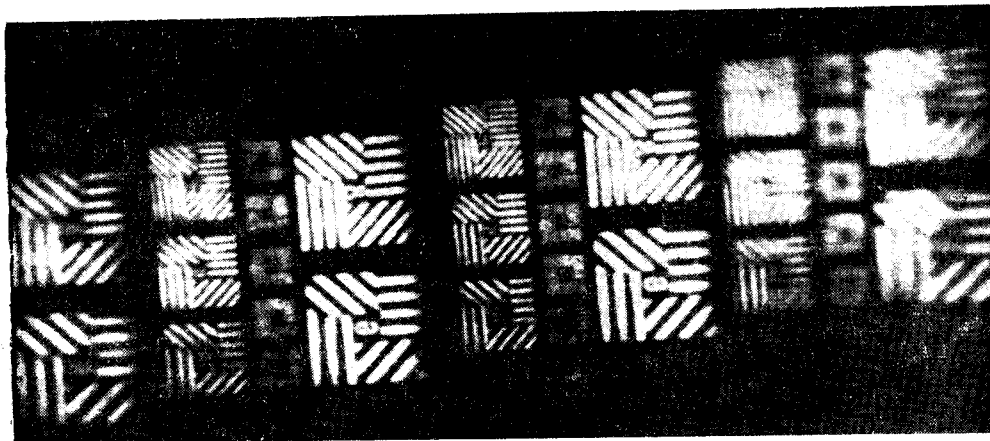


Рис. 6.

ставлен внешний вид стойки с управляющей электроникой и системой стабилизации магнитного поля.

Фотография тест-таблицы на экране ЭОП в кадровом режиме при длительности экспозиции $\tau_0 = 10^{-8}$ с приведена на рис. 6.

Авторы считают, что регистрирующая система «Канал» имеет ряд преимуществ перед существующими в настоящее время приборами подобного класса. К их числу можно отнести: малую длительность экспозиции в кадровом режиме; высокую напряженность электрического поля вблизи фотокатода, обусловленную наличием управляющей сетки (это обеспечивает большие возможности прибора в хронографическом режиме [7, 8]); большую величину активно используемого размера экрана; высокую помехозащищенность системы; современное технологическое решение конструкции ЭОП, позволяющее освоить серийное изготовление его на предприятиях Министерства электронной промышленности.

Авторы благодарны Ю. А. Шапиро за проведение численных расчетов, В. Ю. Шолохову, Ю. Н. Евграфову и В. А. Губаренко за помощь в разработке конструкции и В. Д. Прилепских за участие в изготовлении аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Гявгянен и др. Nanosecond image converter framing camera types.— Proc. 8th Int. Congr. on High-Speed Photogr., p. 41. Stockholm, 1968.
2. М. П. Ванюков. Применение электронно-оптического преобразователя для изучения быстротекущих явлений.— УФН, 1956, т. LX, вып. 2.
3. T. H. Vulpitt. Image converter camera system for single electron recording.— Proc. 8th Int. Congr. on High-Speed Photogr., p. 30. Stockholm, 1968.

4. А. М. Искольдский, Ю. Е. Нестерихин, А. Н. Папырин, А. Г. Пономаренко. Миллимикросекундная фоторегистрация процессов в Θ -пинче низкой плотности.— В сб. «Диагностика плазмы», вып. 2. М., Атомиздат, 1968.
5. И. Льюис, Ф. Уэлс. Миллимикросекундная импульсная техника. М., Изд-во иностр. лит., 1956.
6. Ю. А. Шапиро. Методы расчета бездисторсионных магнитных линз.— В сб. «Диагностика плазмы», вып. 2. М., Атомиздат, 1968.
7. Ю. В. Бондаренко, В. И. Бударных, В. П. Ильин, А. М. Искольдский, Ю. Е. Нестерихин, Г. С. Попова, А. Ф. Шестак. Электронно-оптические преобразователи в режиме форсированных световых загрузок.— Автометрия, 1971, № 6.
8. В. М. Ефимов, А. М. Искольдский, Д. Г. Фризен. О флюктуациях контраста в пороговых изображениях.— Автометрия, 1971, № 6.

*Поступила в редакцию
2 февраля 1971 г.*
